

이중천장의 삽입손실에 관한 연구

A Study on insertion loss of the double ceiling

김현실†·김재승, 강현주, 김봉기, 김상렬

Hyun-Sil Kim, Jae-Seung Kim, Hyun-Ju Kang, Bong-Ki Kim, and Sang-Ryul Kim

1. 서 론

호화 유람선이나 여객선, 일반 사무실 등 많은 거주 공간에서 천정이 이중으로 되어 있는 경우가 많은데 천장위에는 HVAC 용 덕트, 전기선, 케이블 등 각종 시설이 설치된다. 선박의 경우 데크(deck)는 강판으로 제작되고 0.4 m - 1 m 정도 아래에 천장재가 설치되는데 본 논문에서는 천장재로 인한 소음저감효과를 측정 및 이론적인 방법으로 구하여 비교하였다.

Fig. 1에 선박용 mock-up의 개요를 보였는데 두께 6mm 강판을 사용하여 벽과 천정을 제작하였으며 천장은 강판에서 약 1m 떨어져 있으며 천장재는 0.6t 강판 + 25t 압면(mineral wool)로 되어있다. 상층에 무지향성 스피커를 설치하고 천정이 있을 때와 제거한 경우의 상·하층의 음압(SPL)을 측정하였는데 천장의 삽입손실은 다음과 같이 정의하였다.

$$IL_{meas} = (SPL_{upper} - SPL_{lower})_{with\ ceiling} - (SPL_{upper} - SPL_{lower})_{without\ ceiling}$$

2. Mock-up을 이용한 측정

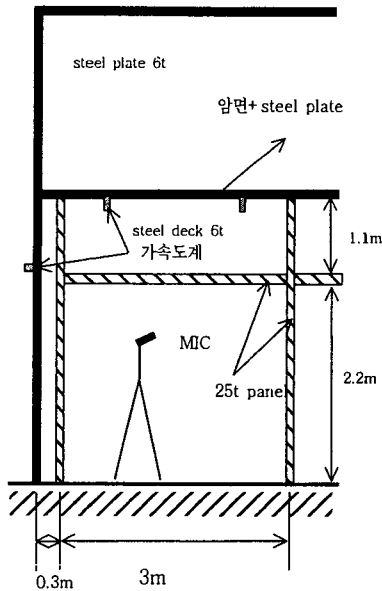


Fig. 1 Mock-up

3. 이론해석

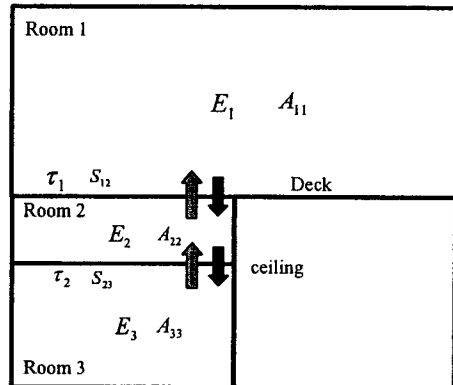


Fig. 2 간향실 해석 모델

천장이 있는 경우와 없는 경우 각 방을 음이 골고루 퍼져있는 공간(diffuse field)라고 가정하면 Fig. 2에서 각 방사이의 음향에너지의 전파는 다음과 같이 평형을 이룬다[1]. 먼저 천장이 있는 경우

$$\text{Room 1: } 4P/c = A_{11}E_1 - \tau_1 S_{12} E_2 \quad (1)$$

† 교신저자; 한국기계연구원
E-mail : hskim@kimmn.re.kr
Tel /Fax: (042)-868-7461 /7440

$$\text{Room 2: } 0 = -\tau_1 S_{12} E_1 + A_{22} E_2 - \tau_2 S_{23} E_3 \quad (2)$$

$$\text{Room 3: } 0 = -\tau_2 S_{23} E_2 + A_{33} E_3 \quad (3)$$

식 (1)-(3)에서 각 음향에너지밀도 E 의 비를 구할 수 있다.

$$E_2 = (\tau_1 S_{12} / A_{22}') E_1 \quad (4)$$

$$E_3 = (\tau_1 S_{12} / A_{22}') (\tau_2 S_{23} / A_{33}) E_1 \quad (5)$$

다음에 천장이 없는 경우 각 방의 음향에너지의 평형은 다음과 같다.

$$4P/c = A_{11} Q_1 - \tau_1 S_{12} Q_2 \quad (6)$$

$$0 = -\tau_1 S_{12} Q_1 + B_{22} Q_2 \quad (7)$$

식 (7)-(8)에서 음향에너지의 비는 다음과 같이 주어진다.

$$Q_2 = (\tau_1 S_{12} / B_{22}) Q_1 \quad (8)$$

천장의 삽입손실은 다음과 같이 주어진다.

$$IL_{pred} = 10 \log(Q_2 / Q_1) - 10 \log(E_3 / E_1)$$

이를 정리하면 다음과 같다.

$$IL_{pred} = 10 \log(A_{22}' A_{33} / B_{22} S_{23}) + STL \quad (9)$$

천장재의 STL 데이터는 원래 제품대신 0.6t 강판 + 15t 암면(밀도 200 kg/m^3)의 측정자료가 있어서 이를 이용하였는데 표면밀도가 비슷하므로 큰 차이는 없을 것으로 보인다. Fig. 3에 천장재의 측정과 이론해석 값 (9)을 비교하였다.

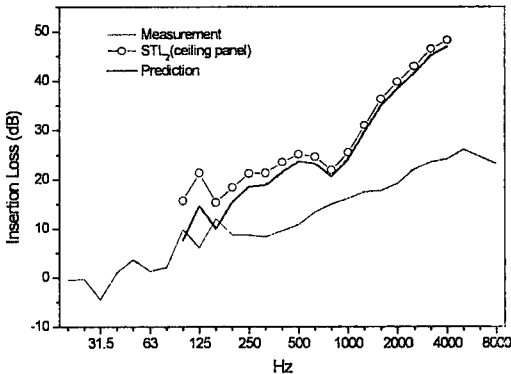


Fig. 3 천장재 삽입손실비교

측정값이 이론 예측보다 최대 20 dB 정도 낮은데 이론 값은 천정의 STL에 지배된다. 이론해석에서는 각 방이 이상적인 균일음장으로 가정하였지만 실제로는 천정 공간은 납작한 박스 구조(L x W x H: 4 m x 3 m x 1m)로 균일음장이 아니다. 또한 음의 전파는 벽을 통해서도 이루어지며 Flanking path의 영향이 큰 것으로 보인다. Fig. 4에 바닥판과 주변의 내장벽의 교체음의 차이를 보였는데 500 Hz까지의 저주파수까지는 차이가 10 dB 이내로 flanking path 전파에 따른 음의 전파가 영향을 주는 것을 알 수 있다.

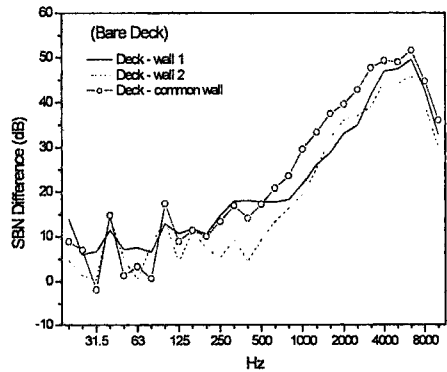


Fig. 4 바닥과 주변 내장벽과의 교체음 차이

후 기

본 연구는 산자부에서 지원하는 "선박 구조안전성 평가 및 방음/방진기술 개발"과제 연구결과의 일부 임을 밝힌다.

참 고 문 헌

- (1) L. Cremer, Principles and Applications of Room Acoustics, Volume 2, Chapter II.3, Applied Science Publishers Ltd., 1978.